

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年10月19日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第296877号

出 願 人
Applicant(s):

日本電信電話株式会社

JCE06 U.S. PTO
09/688933
10/17/00

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

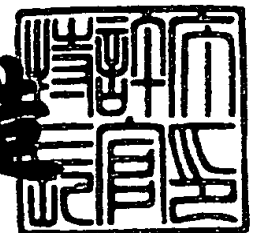
32307-167197
10-17-00
TAKIGUCHI

Best Available Copy

2000年10月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3082369

【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH115770

【提出日】 平成11年10月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01P 1/00
H01P 1/213

【発明の名称】 分散スローブ補償器

【請求項の数】 13

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 瀧口 浩一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 岡本 勝就

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 郷 隆司

【特許出願人】

【識別番号】 000004226

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077481

【弁理士】

【氏名又は名称】 谷 義一

【選任した代理人】

【識別番号】 100088915

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部 和夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013424

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9701393

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 分散スロープ補償器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 異なる波長の複数の光を伝送する光伝送路中に配置された複数の導波路と、

前記複数の光を分離および／または多重する光素子と、

前記導波路の途中に設けられており、少なくとも一方が前記導波路に結合される一対の導波路の途中に配置された複数の方向性結合器を備えた群遅延制御手段とを備え、

前記方向性結合器それぞれの間において、前記一対の導波路の光路長が互いに異なることを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項 2】 請求項 1 において、

前記光素子は、前記群遅延制御手段の入力部に結合される波長分離素子を備えることを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項 3】 請求項 1 において、

前記光素子は、前記群遅延制御手段の出力部に結合される波長多重素子を備えることを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項 4】 請求項 1 において、

前記光素子は、前記群遅延制御手段の入力部に結合される波長分離素子と前記群遅延制御手段の出力部に結合される波長多重素子を備えることを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれかにおいて、

前記光素子はアレイ導波路格子を含んでなることを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 5 のいずれかにおいて、

前記群遅延制御手段は 2 入力 2 出力のラティス型光素子であり、当該入力部および出力部の各々少なくとも一方を前記複数の導波路のいずれかに結合させたことを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項 7】 請求項 6 において、

前記群遅延制御手段は、前記複数の導波路それぞれに配置されることを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項 8】 異なる波長の複数の光を伝送する光伝送路中に配置された第 1 の複数の導波路と、

前記複数の光を分離および／または多重する光素子と、

前記第 1 の複数の導波路それぞれの途中に設けられており、第 1 の導波路と、複数の方向性結合手段により前記第 1 の導波路と結合される第 2 の複数の導波路と、前記第 2 の複数の導波路からの出力光を合波する合波手段を有する群遅延制御手段と

を備えることを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項 9】 請求項 8 において、

前記光素子は、前記群遅延制御手段の出力部に結合される波長多重素子を備えることを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項 10】 請求項 8 において、

前記光素子は、前記群遅延制御手段の入力部に結合される波長分離素子を備えることを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項 11】 請求項 8 において、

前記光素子は、前記群遅延制御手段の入力部に結合される波長分離素子と前記群遅延制御手段の出力部に結合される波長多重素子を備えることを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項 12】 請求項 8 乃至 11 のいずれかにおいて、

前記光素子はアレイ導波路格子を含んでなることを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項 13】 請求項 8 乃至 12 のいずれかにおいて、

前記群遅延制御手段はそれぞれ 2 入力 1 出力のトランスバーサル型光素子であり、当該入力部の一方と当該出力部を前記複数の導波路それぞれに結合させたことを特徴とする分散スロープ補償器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバ中の分散特性（群遅延時間が波長によって異なる特性）によって歪みを受けた波長多重（Wavelength Division Multiplexing：WDM）信号を一括して波形整形する分散スロープ補償器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

現在世界各地で、波長 $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ 帯に零分散を有するファイバ（分散シフトファイバ）を用いて、2次分散が 0 psec/nm/km となる零分散波長近傍での高速時分割多重（Time Division Multiplexing：TDM）光伝送が行われている。

【0003】

しかしながら、大容量化を目的としてWDM伝送を行う場合には、分散シフトファイバを用いた場合でも分散スロープ（3次分散、2次分散を波長で微分した値、 $0.07 \text{ psec/nm}^2/\text{km}$ 程度）の存在により、各波長チャネルの2次分散が図13に示すように零ではない異なった値になる。このため、各波長チャネルにおいて信号パルスに異なった歪が生じ、当該歪に起因して伝送容量、あるいは伝送（中継）距離が制限される。

【0004】

従来、分散を有する光ファイバ伝搬中に歪を受けたWDM信号を波形整形する分散スロープ補償器としては、図14に示すように、分散補償ファイバ44をファイバ伝送路43の後段に挿入する構成が知られている。この構成によれば、分散補償ファイバの分散特性がファイバ伝送路とは符号が逆の傾きを有するように当該分散補償ファイバを設計することによってファイバ伝送路の分散特性を補償することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら上述した従来の構成の分散スロープ補償器では、

(1) 分散シフトファイバの分散を補償しようとした場合、 $1.3\ \mu\text{m}$ 帯での補償は可能であるが、 $1.55\ \mu\text{m}$ 帯（ファイバの最低損失波長帯）での補償は本質的に不可能である。

【0006】

(2) 構成が煩雑でサイズが大きくなる。

【0007】

(3) 一種類の分散補償ファイバを使用した場合は補償量が固定され、異なる分散値を有する他のファイバ伝送路の分散補償には適用困難である。

【0008】

等の問題がある。

【0009】

そこで本発明は、上記の各課題に鑑みて成されたものであり、ラティス型光素子あるいはトランスバーサル型光素子を備えた群遅延制御手段により、分散を有するファイバ中を伝搬して分散による歪を受けたWDM信号を小型の構成で波形整形することを可能とし、異なる分散値を有する様々なファイバ伝送路の分散補償も一素子で実現することができ、且つ、分散シフトファイバの $1.55\ \mu\text{m}$ 帯での分散スロープをも補償可能な分散スロープ補償器を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、請求項1の発明は、異なる波長の複数の光を送る光伝送路中に配置された複数の導波路と、前記複数の光を分離および／または多重する光素子と、前記導波路の途中に設けられており、少なくとも一方が前記導波路に結合される一対の導波路の途中に配置された複数の方向性結合器を備えた群遅延制御手段とを備え、前記方向性結合器それぞれの間において、前記一対の導波路の光路長が互いに異なることを特徴とする分散スロープ補償器を提供する。

【0011】

また、請求項2の発明は、請求項1において、前記光素子は、前記群遅延制御

手段の入力部に結合される波長分離素子を備えることを特徴とする分散スロープ補償器を提供する。

【0 0 1 2】

また、請求項 3 の発明は、請求項 1 において、前記光素子は、前記群遅延制御手段の出力部に結合される波長多重素子を備えることを特徴とする分散スロープ補償器を提供する。

【0 0 1 3】

また、請求項 4 の発明は、請求項 1 において、前記光素子は、前記群遅延制御手段の入力部に結合される波長分離素子と前記群遅延制御手段の出力部に結合される波長多重素子を備えることを特徴とする分散スロープ補償器を提供する。

【0 0 1 4】

また、請求項 5 の発明は、請求項 1 乃至 4 のいずれかにおいて、前記光素子はアレイ導波路格子を含んでなることを特徴とする分散スロープ補償器を提供する。

【0 0 1 5】

また、請求項 6 の発明は、請求項 1 乃至 5 のいずれかにおいて、前記群遅延制御手段は 2 入力 2 出力のラティス型光素子であり、当該入力部および出力部の各々少なくとも一方を前記複数の導波路のいずれかに結合させたことを特徴とする分散スロープ補償器を提供する。

【0 0 1 6】

また、請求項 7 の発明は、請求項 6 において、前記群遅延制御手段は、前記複数の導波路それぞれに配置されることを特徴とする分散スロープ補償器を提供する。

【0 0 1 7】

また、請求項 8 の発明は、異なる波長の複数の光を伝送する光伝送路中に配置された第 1 の複数の導波路と、前記複数の光を分離および／または多重する光素子と、前記第 1 の複数の導波路それぞれの途中に設けられており、第 1 の導波路と、複数の方向性結合手段により前記第 1 の導波路と結合される第 2 の複数の導波路と、前記第 2 の複数の導波路からの出力光を合波する合波手段を有する群遅

延制御手段とを備えることを特徴とする分散スロープ補償器を提供する。

【0018】

また、請求項9の発明は、請求項8において、前記光素子は、前記群遅延制御手段の出力部に結合される波長多重素子を備えることを特徴とする分散スロープ補償器を提供する。

【0019】

また、請求項10の発明は、請求項8において、前記光素子は、前記群遅延制御手段の入力部に結合される波長分離素子を備えることを特徴とする分散スロープ補償器を提供する。

【0020】

また、請求項11の発明は、請求項8において、前記光素子は、前記群遅延制御手段の入力部に結合される波長分離素子と前記群遅延制御手段の出力部に結合される波長多重素子を備えることを特徴とする分散スロープ補償器を提供する。

【0021】

また、請求項12の発明は、請求項8乃至11のいずれかにおいて、前記光素子はアレイ導波路格子を含んでなることを特徴とする分散スロープ補償器を提供する。

【0022】

また、請求項13の発明は、請求項8乃至12のいずれかにおいて、前記群遅延制御手段はそれぞれ2入力1出力のトランスバーサル型光素子であり、当該入力部の一方と当該出力部を前記複数の導波路それぞれに結合させたことを特徴とする分散スロープ補償器を提供する。

【0023】

【発明の実施の形態】

(第1実施形態)

図1は、本発明に係る分散スロープ補償器の第1実施形態の構成を示す。

【0024】

図1において、本実施形態の分散スロープ補償器は、入力導波路1、波長分離素子2、導波路3a～3d、ラティス型光素子4a～4d、波長多重素子5、出

力導波路 6 を備える。

【 0 0 2 5 】

入力導波路 1 から入射した分散による歪みを受けた WDM 信号光 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ は波長分離素子 2 でそれぞれの波長成分に分離され、それぞれの波長成分に対応した分散補償値を生成可能なラティス型光素子 4 a ~ 4 d を通過する。通過した各信号光は波長多重素子 5 で合波され、合波光は出力導波路 6 から出力され、分散スロープ補償器が実現される。

【 0 0 2 6 】

波長分離素子 2、波長多重素子 5 としては、後述のようにアレイ導波路格子を使用可能な他、多段マッハツェンダ型干渉計、バルク型光フィルタ、ファイバ型（あるいは導波路型）グレーティングを多段に接続した光フィルタ等の使用も可能である。

【 0 0 2 7 】

図 2 は、ラティス型光素子 4 a ~ 4 d の構成例を示す。

【 0 0 2 8 】

このラティス型光素子は 5 つの非対称アーム対が方向性結合器を用いて縦続接続されている構造（非対称マッハツェンダ型干渉計が多段に縦続接続されている構造）を有し、7 a ~ 7 f は導波路（導波路 7 a, 7 b は入力部分、導波路 7 e, 7 f は出力部分）、8 a ~ 8 f は方向性結合器、9 a ~ 9 e は導波路屈折率の制御部分である。

【 0 0 2 9 】

図 1 中の 4 つのラティス型光素子 4 a ~ 4 d はそれぞれ、導波路 7 a, 7 b のいずれか一方と導波路 7 e, 7 f のいずれか一方とを用いて導波路 3 a ~ 3 d のいずれか 1 つと接続される。

【 0 0 3 0 】

方向性結合器 8 a ~ 8 f は、図 3 のように二つの導波路 10 a, 10 b を近接させる構成、あるいは多モード干渉（MMI）カプラ構成をとることができる。この場合、結合率を固定値とすることができる。導波路屈折率の制御部分 9 a ~ 9 e を用いて導波路の位相制御を行うことにより、非対称マッハツェンダ型干渉

計上で周波数の増加に伴い光波がより多くの光路長を通過するような設定、あるいはより少ない光路長を通過するような設定が可能である。このため、周波数の増加に伴い群遅延時間が増加する構成の分散補償器、あるいは減少する構成の分散補償器を実施することができる。

【 0 0 3 1 】

図4は図2におけるラティス型光素子の群遅延特性計算例を示す特性図である。ここでは、ラティス型光素子の伝達関数を求め、当該伝達関数の虚部を角周波数で微分する遅延時間計算法を用いた。

【 0 0 3 2 】

この計算例は、図2の左から順に非対称マッハツェンダ型干渉計の光路長差が4.276mm、7.483mm、7.483mm、7.483mm、3.207mmで、導波路の屈折率が1.45の場合を示している。

【 0 0 3 3 】

本実施形態での上記パラメータ値での分散値の計算結果は、830 p s e c / n m及び-830 p s e c / n mとなった。

【 0 0 3 4 】

なお、非対称マッハツェンダ型干渉計の光路長差を別の値に設定することによって、異なった値の分散値を得ることができる。具体的には、光路長差をL倍に設定した場合、帯域が $1/L$ 、遅延時間がL倍となるので、分散値は L^2 倍となる。

【 0 0 3 5 】

また、非対称マッハツェンダ型干渉計の段数を増減させた場合も、それぞれ分散値の絶対値を増減させることができる。これは、光路長差の増減によって遅延時間が増減することによる。

【 0 0 3 6 】

このようにしてラティス型光素子4a～4dをそれぞれの波長に対応した分散補償値を有するように設計することができる。

【 0 0 3 7 】

導波路屈折率の制御部分9a～9eの位相制御を行う手段としては、例えばガ

ラス導波路を用いた場合には熱光学効果を用いて屈折率変化を誘起する現象を、強誘電体導波路を用いた場合には電気光学効果を用いて屈折率変化を誘起する現象を用いることができる。また、導波路屈折率の制御部分 9 a～9 e では、ガラス導波路を用いた場合、光弾性効果を用いて位相トリミングを行うことによって半永久的に無電力で位相シフトを達成することができ、図 2 の構成で無電力で分散補償機能を達成することができる。

【0038】

図 5 は、図 2 の方向性結合器 8 a～8 f を対称マッハツェンダ型干渉計とした場合の別の構成例を示す。

【0039】

11 a～11 f は導波路（導波路 11 a，11 b は入力部分、導波路 11 e，11 f は出力部分）、12 a，12 b は各導波路を近接させて構成する方向性結合器、13 は導波路屈折率の制御部分である。方向性結合器 12 a，12 b を M I カプラ構成とすることも可能である。

【0040】

導波路屈折率の制御部分 13 を用いて導波路の位相を 0 から 2π まで変化させた場合、スイッチング特性を用いて結合率を 0 から 1 の間の任意の値に設定することができる。任意の結合率を得るために、図 5 では対称マッハツェンダ型干渉計を一段としているが、多段とする構成に置き換えることも可能である。

【0041】

導波路屈折率の制御部分 13 を用いて方向性結合器 8 a～8 f の結合率を調整し、導波路屈折率の制御部分 9 a～9 e を用いて導波路の位相制御を行うことにより、周波数の増加に伴い群遅延時間が任意の傾きで増加し、あるいは逆に減少する分散補償器を構成することができる。

【0042】

図 6 は、図 2 におけるラティス型光素子の別の群遅延特性計算例を示す特性図である。

【0043】

ここでは非対称マッハツェンダ型干渉計の個数を 6 とし、光路長差がすべて 2

、759 nm、導波路の屈折率が1.45の場合を示す。この場合も、上記と同様にラティス型光素子の伝達関数を求め、当該伝達関数の虚部を角周波数で微分することで遅延時間特性を計算した。

【0044】

方向性結合器8a～8fの結合率を調整し、導波路屈折率の制御部分9a～9eを用いて導波路の位相制御を行うことにより、上記パラメータ値での分散値を -584 psec/nm から 584 psec/nm の範囲で任意に設定可能であることが求められた。

【0045】

この場合、方向性結合器の値が0～1の範囲で任意に設定可能であるため自由度が大きいため、図4に示した固定結合率の方向性結合器を用いた計算例と異なり、絶対値が等しく符号が異なる2値以外の値も実現することができる。

【0046】

このように方向性結合器8a～8fを図5の構成とすることによって、複数光の異なる波長それぞれに対応した分散補償値を有し、且つ様々な分散値を有する伝送路を一素子で補償可能に、ラティス型光素子4a～4dを設定できる効果がある。

【0047】

また前述したように、ガラス導波路を用いた場合、光弾性効果を用いて位相トリミングを行うことで半永久的に無電力で位相シフトを達成することができ、図2の構成によって無電力で分散補償機能を達成できる効果がある。

【0048】

なお、本実施形態の構成（図1）は伝搬路中で分散補償を行う場合を想定している。分散スロープ補償器を伝送路の前段に配置する場合は波長多重信号を分離する必要はなく、波長の異なるレーザをそれぞれ導波路3a～3dの前段に接続し、その後波長多重のみを行って伝送路に接続すればよい。したがって、このような用途においては波長分離素子2を設ける必要がない。

【0049】

一方、分散スロープ補償器を伝送路の後段に配置する場合は伝送路からの波長

多重信号を分離した後に再多重する必要はなく、波長の異なる光波の受光に対応した受光器をそれぞれ導波路 4 a ~ 4 d の後段に接続するだけでよい。したがって、このような用途においては波長多重素子 5 を設ける必要がない。

【0050】

なお、図 1 の要素 4 a ~ 4 b 中に、ラティス型光素子の他にトランスバーサル型光素子を混在させる構成も考えられる。

【0051】

(第 2 実施形態)

図 7 は、本発明に係る分散スロープ補償器の第 2 実施形態の構成を示す。

【0052】

図 7 において、本実施形態の分散スロープ補償器は、入力導波路 14、波長分離素子 15、導波路 16 a ~ 16 h、ラティス型光素子 17 a, 17 b、波長多重素子 18、出力導波路 19 を備える。導波路 7 a, 7 b の両方と導波路 16 a ~ 16 d のうちの二つ、導波路 7 e, 7 f の両方と導波路 16 e ~ 16 h のうちの二つとが接続される。

【0053】

図 2 のラティス型光素子において、2 組の入出力ポート間の分散特性、例えば入力の導波路 7 a、出力の導波路 7 e 間と入力の導波路 7 b、出力の導波路 7 f 間の分散特性は、絶対値が等しく符号が逆であることが確かめられている。この確認は、ラティス型光素子の伝達行列が計算によりユニタリ性を示すことで実行されている。

【0054】

本実施形態の構成によれば、図 8 に示すように、零分散波長 λ_0 近傍で、 λ_0 を中心に対称配置されている λ_1 と λ_4 の波長、あるいは λ_2 と λ_3 の波長におけるファイバ分散値はそれぞれ絶対値がほぼ等しく符号が逆である。このため、波長 λ_1 と λ_4 の分散補償用に 1 個のラティス型光素子の入出力ポートを相反的に用い、且つ、波長 λ_2 と λ_3 の分散補償用に他の 1 個のラティス型光素子の入出力ポートを相反的に用いることで、分散補償を可能とすることができる。

【 0 0 5 5 】

したがってこの場合、図 7 に示したように図 1 の構成よりも少ない数のラティス型光素子の構成（すなわち、図 1 に示す構成の半分のラティス型光素子数を備える構成）で WDM 信号の分散スロープ補償を可能とすることができる。

【 0 0 5 6 】

なお、図 7 の要素 1 7 a, 1 7 b の一方はラティス型光素子とし、他方をトランスバーサル型光素子として両タイプを混在させる構成も考えられる。

【 0 0 5 7 】

（第 3 実施形態）

図 9 は、本発明に係る分散スロープ補償器の第 3 実施形態の構成を示す。

【 0 0 5 8 】

図 9 において、本実施形態の分散スロープ補償器は、入力導波路 2 0、波長分離素子 2 1、導波路 2 2 a ~ 2 2 d、トランスバーサル型光素子 2 3 a ~ 2 3 d、波長多重素子 2 4、出力導波路 2 5 を備える。

【 0 0 5 9 】

図 1 0 は、トランスバーサル型光素子 2 3 a ~ 2 3 d の構成例を示す。

【 0 0 6 0 】

トランスバーサル型光素子 2 3 a ~ 2 3 d は、入力部分の導波路 2 6 a, 2 6 b からの入力光が 8 つのタップ 2 7 a ~ 2 7 h によって分岐された後、合波器 2 9 によって出力導波路 3 0 に合波される構成を有する。2 6 a ~ 2 6 i は導波路、2 8 a ~ 2 8 h は導波路屈折率の制御部分である。導波路 2 6 a, 2 6 b のいずれか一方と出力導波路 3 0 とを用いて、図 9 中の導波路 2 2 a ~ 2 2 d のいずれか一つと接続される。

【 0 0 6 1 】

タップ 2 7 a ~ 2 7 h には、例えば図 3 に示した構成の方向性結合器、あるいは図 5 に示した構成の方向性結合器を使用することができる。また、合波器 2 9 としては、スターカブラ、MMI カブラ、2 × 2 の方向性結合器を多段に縦続接続する構成、Y 分岐導波路を多段に縦続接続する構成等を使用することが考えられる。

【0062】

図10において、タップ27a～27hの結合率を適切な値に設定し、且つ導波路屈折率の制御部分28a～28hを用いて導波路の位相調整を適切に行うことによって、導波路26aと出力導波路30間の特性、あるいは導波路26bと出力導波路30間の特性として、群遅延時間を任意の周波数の関数に近似することができる（例えば、K.Sasayama他による“Coherent optical transversal filter using silicabased waveguides for highsignal proccssing,”Journal of Lightwave Technology.vol.9.no.10. pp.12251991参照）。したがって、図6に示した特性を本実施形態の構成によって得ることも可能である。

【0063】

このため、図9に示した構成によっても同様にWDM信号の分散スロープ補償を可能とすることができる。

【0064】

本実施形態の構成によれば、様々な分散値を有するファイバ伝送路の分散値を一素子で補償することができる。また前述したように、ガラス導波路を用いた場合に光弾性効果を用いて位相トリミングを行うことで半永久的に無電力で位相シフトを達成することができ、これにより無電力で分散補償機能を達成できる効果がある。

【0065】

(第4実施形態)

図11は、本発明に係る分散スロープ補償器の第4実施形態の構成を示す。

【0066】

図11において、本実施形態の分散スロープ補償器は、入力導波路31、スラブ導波路32a～32d、アレイ導波路33a, 33b、導波路34a～34d、ラティス型あるいはトランスバーサル型光素子35a～35d、出力導波路36を備える。さらに、アレイ導波路格子37a, 37bを備える構成とすることができる。

【0067】

図11の構成は、図1、図7、図9に示した分散スロープ補償器の波長分離素

子 2, 1 5, 2 1 および波長多重素子 5, 1 8, 2 4 をアレイ導波路格子としたものである。ここで、要素 3 5 a ~ 3 5 d を図 2 のラティス型光素子、あるいは図 1 0 のトランスバーサル型光素子で構成することにより、完全集積型の分散スロープ補償器を構成することができる。また、ラティス型光素子とトランスバーサル型光素子を要素 3 5 a ~ 3 5 d に混在させる構成も考えられる。

【 0 0 6 8 】

本発明に係る上記各実施形態における分散スロープ補償器の導波路部分は、次に図 1 2 に示す通り石英系ガラス導波路 4 0 a, 4 0 b を用いて形成することができる。

【 0 0 6 9 】

図 1 2 は導波路の断面図であり、同図を参照して第 1 ~ 第 4 実施形態の導波路形成法について説明する。

【 0 0 7 0 】

まず、S i 基板 3 8 上に火炎堆積法によって S i O₂ 下部クラッド層 3 9 を堆積する。次に、G e O₂ をドーパントとして添加した S i O₂ ガラスのコア層を S i O₂ 下部クラッド層 3 9 上に堆積した後、電気炉で透明ガラス化する。

【 0 0 7 1 】

続いて、図 1 ~ 図 3、図 5、図 7、図 9 ~ 図 1 1 に示したようなパターンを用いて当該コア層をエッチングすることで、コア部分（石英導波路）4 0 a, 4 0 b を形成する。

【 0 0 7 2 】

そして、コア部分 4 0 a, 4 0 b が形成された S i O₂ 下部クラッド層 3 9 上に再び S i O₂ 上部クラッド層 4 1 を堆積し、再度電気炉で透明ガラス化する。そして最後に、所定の光導波路上に薄膜ヒータ 4 2 および電気配線を蒸着法により形成する。

【 0 0 7 3 】

上記の通りに形成した導波路を備える第 1 ~ 第 4 実施形態の分散スロープ補償器によれば、薄膜ヒータ 4 2 を駆動し、その熱光学効果によって光導波路の位相制御を行うことができる。

【 0 0 7 4 】

なお、本発明に係る分散スロープ補償器を構成する導波路部分はガラス導波路に限るものではなく、強誘電体導波路、半導体導波路、ポリマ導波路、光ファイバ等を用いて実現できることは自明である。また、異なる幾つかの種類の導波路を組み合わせたハイブリッド構成を用いて実現できることも自明である。

【 0 0 7 5 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明に係る分散スロープ補償器によれば、集積型の波長分離素子および／または波長多重素子と、ラティス型光素子および／またはトランスバーサル型光素子とを組み合わせることにより、異なる分散値を有する様々なファイバ伝送路の分散補償にも一素子で対応可能で、且つ分散シフトファイバの $1.55\mu\text{m}$ 帯分散補償も可能な、WDM信号用分散スロープ補償を小型な構成で実現できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る分散スロープ補償器の第 1 実施形態の構成を示す構成図である。

【図 2】

図 1 に示した第 1 実施形態におけるラティス型光素子の構成例を示す構成図である。

【図 3】

図 2 に示した方向性結合器の構成例を示す構成図である。

【図 4】

図 2 に示したラティス型光素子の特性計算例を示す特性図である。

【図 5】

図 2 に示した方向性結合器の別の構成例を示す構成図である。

【図 6】

図 2 に示したラティス型光素子の別の特性計算例を示す特性図である。

【図 7】

本発明に係る分散スロープ補償器の第 2 実施形態の構成を示す構成図である。

【図 8】

光ファイバの群遅延時間特性例を示す特性図である。

【図 9】

本発明に係る分散スロープ補償器の第 3 実施形態の構成を示す構成図である。

【図 10】

図 9 に示したトランスバーサル型光素子の構成例を示す構成図である。

【図 11】

本発明に係る分散スロープ補償器の第 4 実施形態の構成を示す構成図である。

【図 12】

第 1 ～ 第 4 実施形態に用いる石英系ガラス導波路の断面構造を示す断面図である。

【図 13】

光ファイバの群遅延時間特性の一例を示す特性図である。

【図 14】

従来の分散スロープ補償器の一構成例を示す構成図である。

【符号の説明】

1, 14, 20, 31 入力導波路

2, 15, 21 波長分離素子

3a ～ 3d, 7a ～ 7f, 10a, 10b, 11a ～ 11f, 16a ～ 16h
, 22a ～ 22d, 26a ～ 26i, 34a ～ 34d 導波路

4a ～ 4d, 17a, 17b ラテイス型光素子

5, 18, 24 波長多重素子

6, 19, 25, 30, 36 出力導波路

8a ～ 8f, 12a, 12b 方向性結合器

9a ～ 9e, 13, 28a ～ 28h 導波路屈折率の制御部分

23a ～ 23d トランスバーサル型光素子

27a ～ 27h タップ

29 合波器

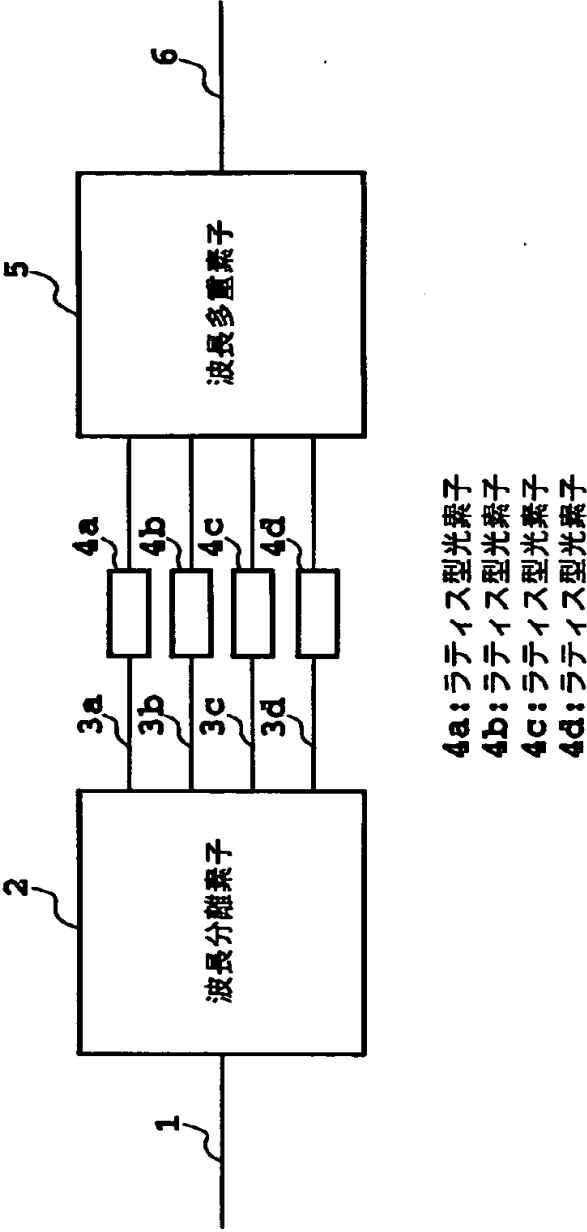
32a ～ 32d スラブ導波路

- 3 3 a, 3 3 b アレイ導波路
- 3 5 a ~ 3 5 d ラティス型光素子あるいはトランスバーサル型光素子
- 3 7 a, 3 7 b アレイ導波路格子
- 3 8 シリコン基板
- 3 9 アンダークラッド (S i O₂下部クラッド層)
- 4 0 a, 4 0 b 石英導波路
- 4 1 オーバークラッド (S i O₂上部クラッド層)
- 4 2 薄膜ヒータ
- 4 3 伝送路ファイバ
- 4 4 分散補償ファイバ

【書類名】 図面

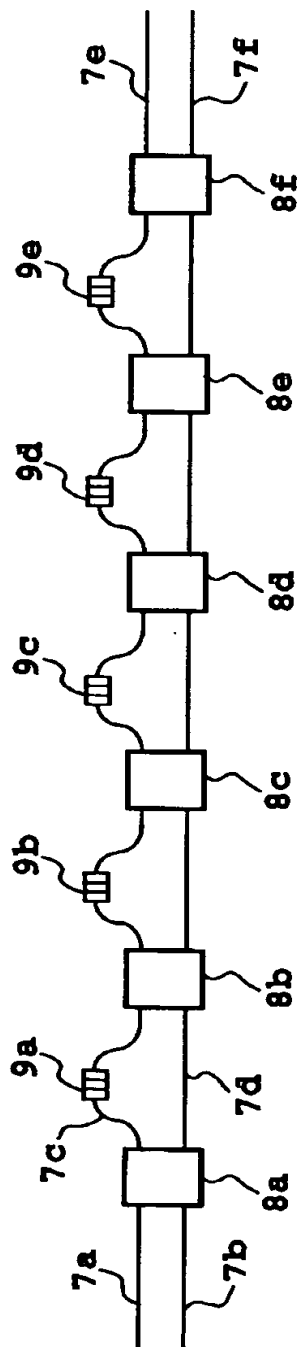
【図 1】

分散スロープ補償器（第1実施形態）



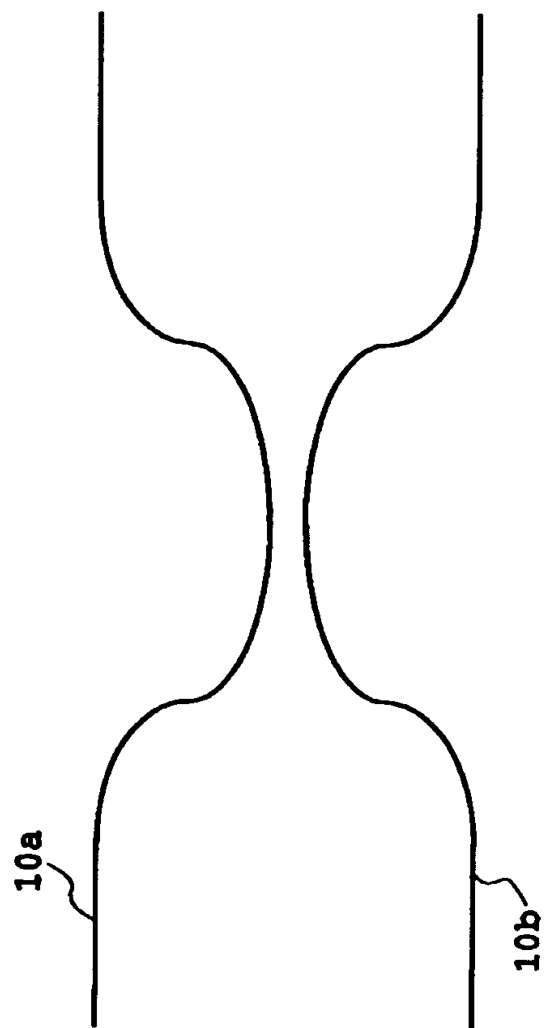
ラティス型光素子

【図 2】

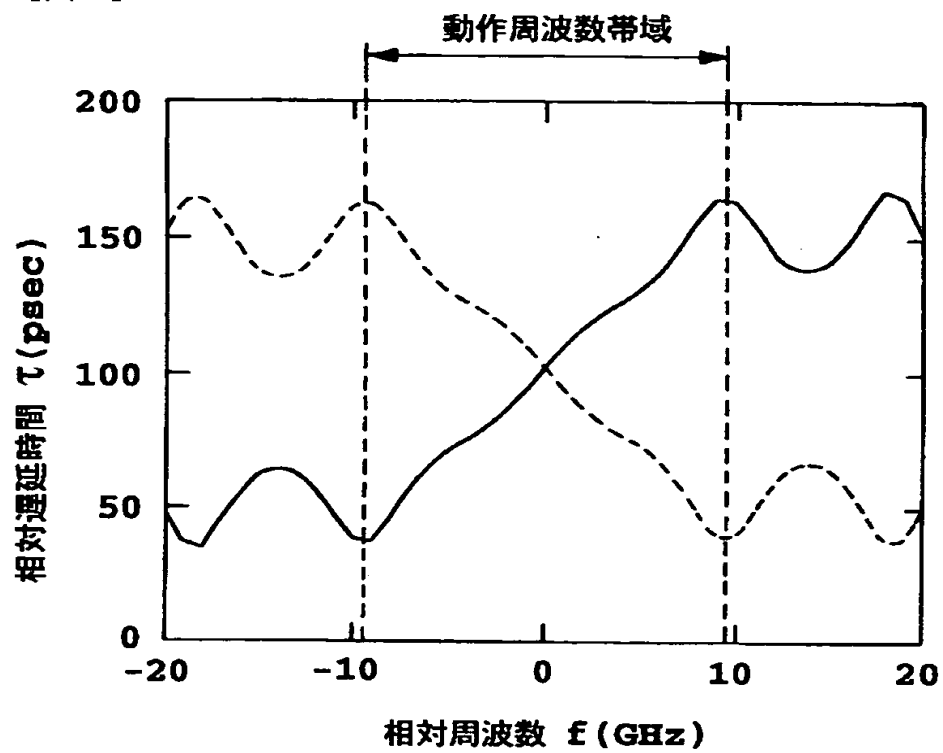


8a: 方向性結合器
 8b: 方向性結合器
 8c: 方向性結合器
 8d: 方向性結合器
 8e: 方向性結合器
 8f: 方向性結合器

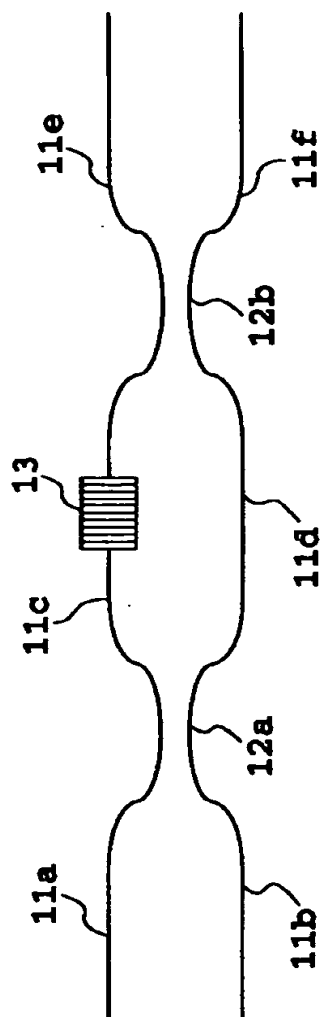
【図 3】



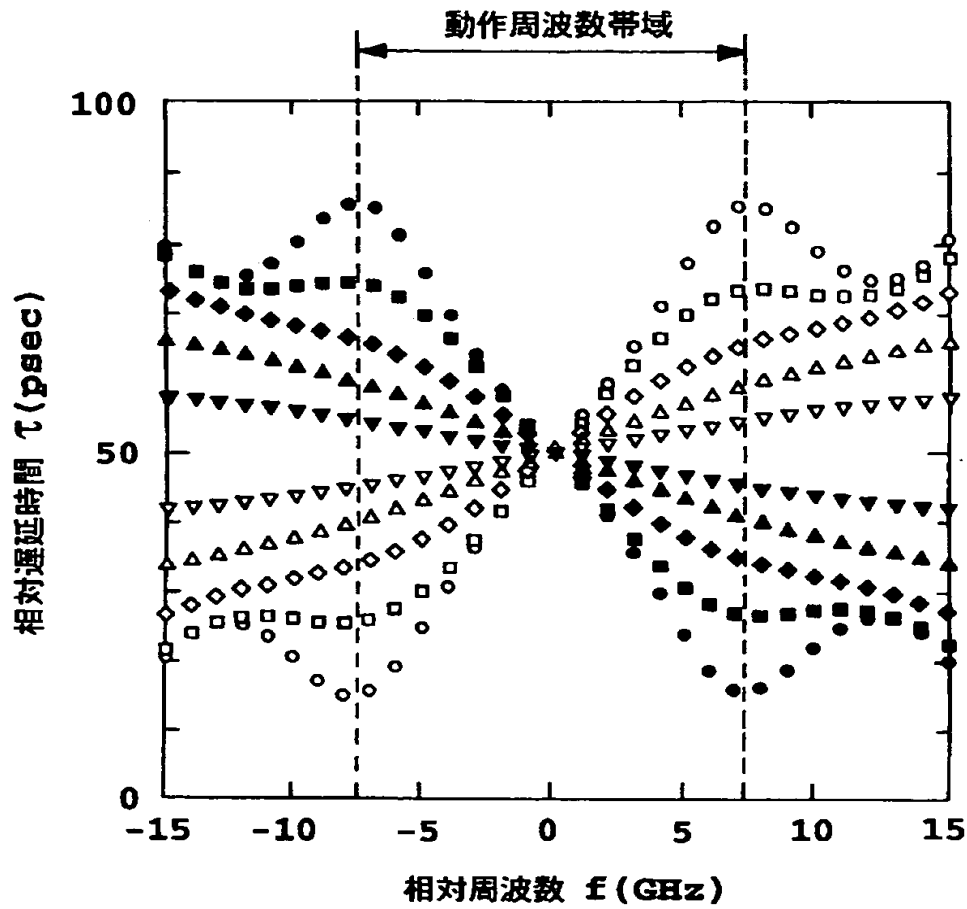
【図 4】



【図 5】

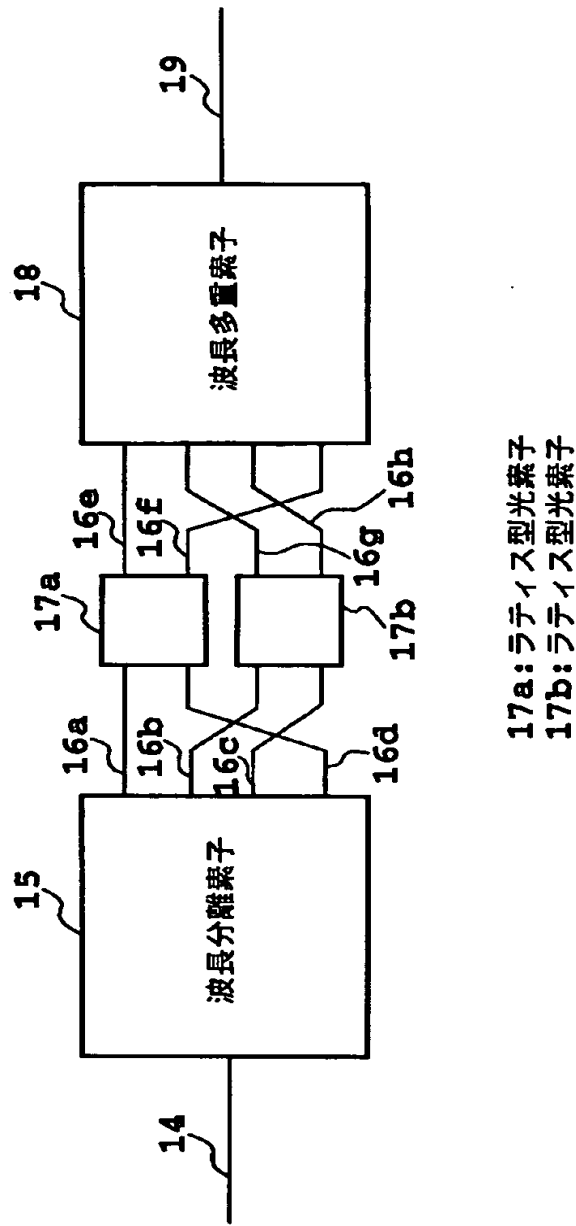


【図 6】

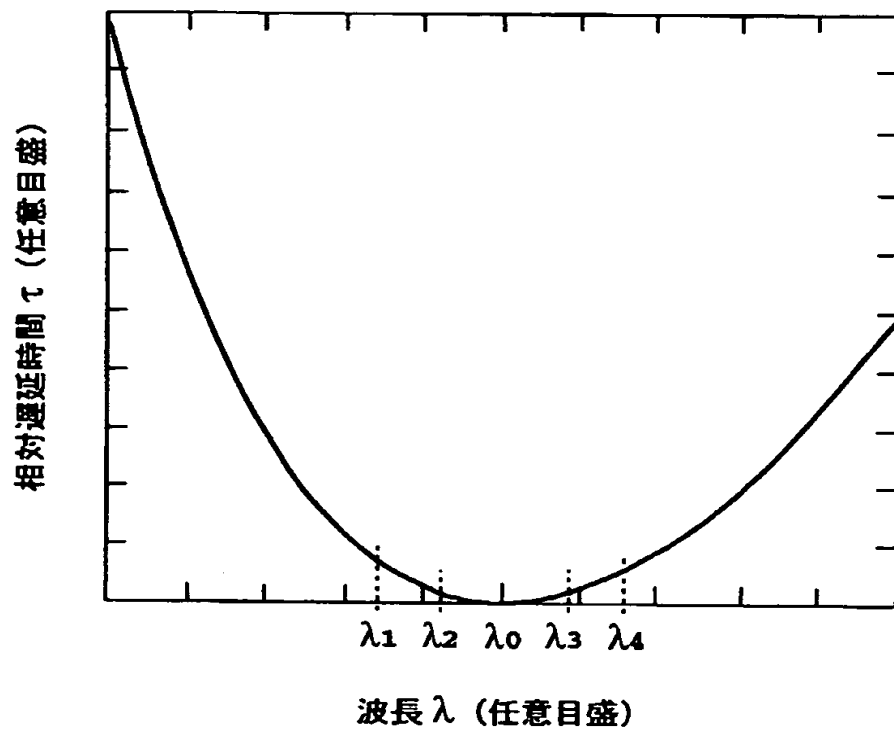


【図 7】

分散スロープ補償器（第2実施形態）

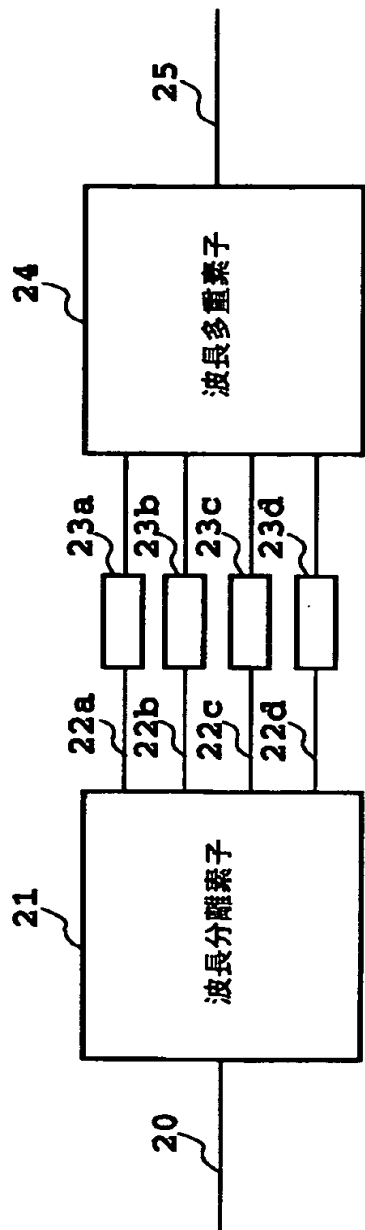


【図 8】



【図 9】

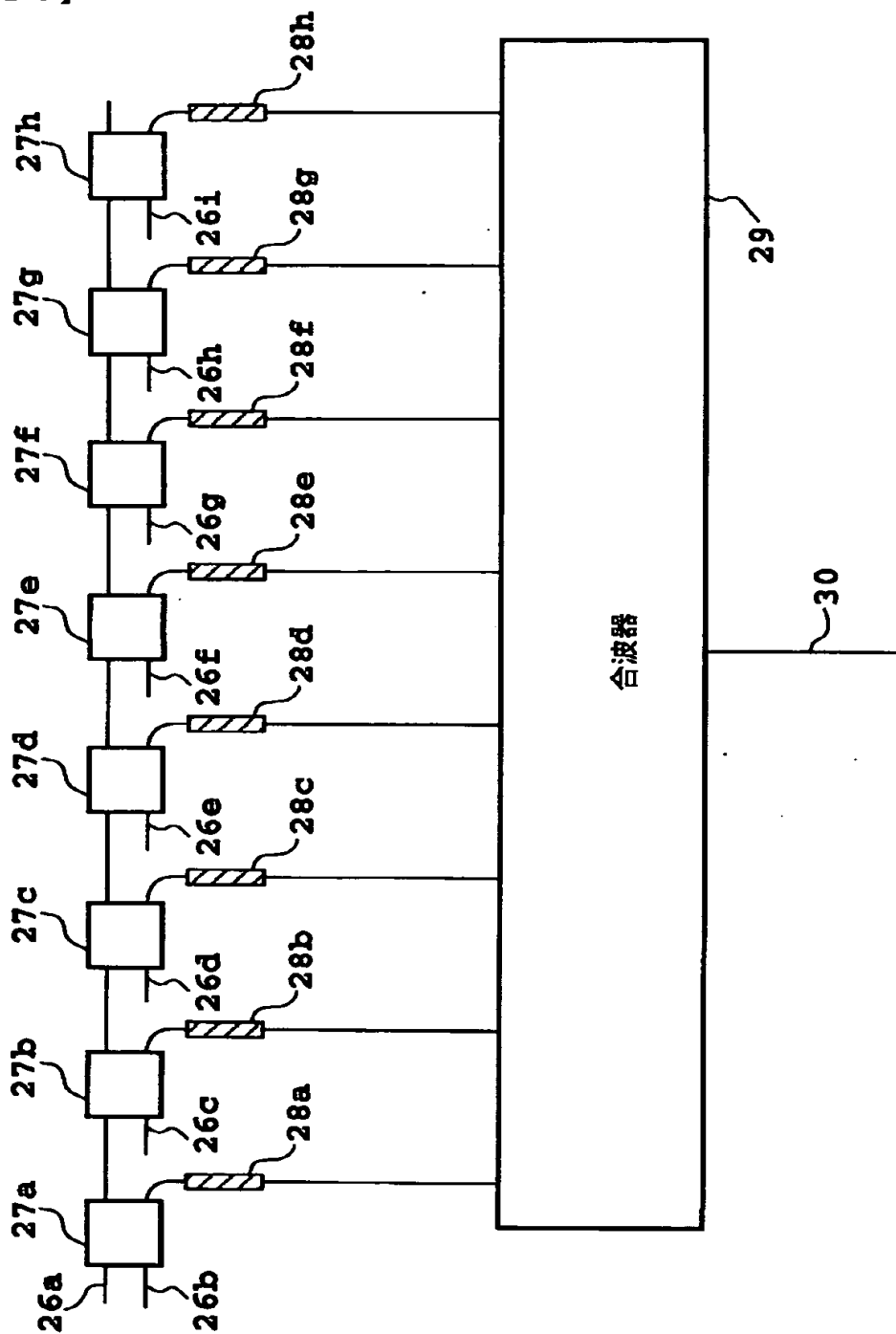
分散スロープ補償器（第3実施形態）



- 23a: トランスバーサル型光素子
- 23b: トランスバーサル型光素子
- 23c: トランスバーサル型光素子
- 23d: トランスバーサル型光素子

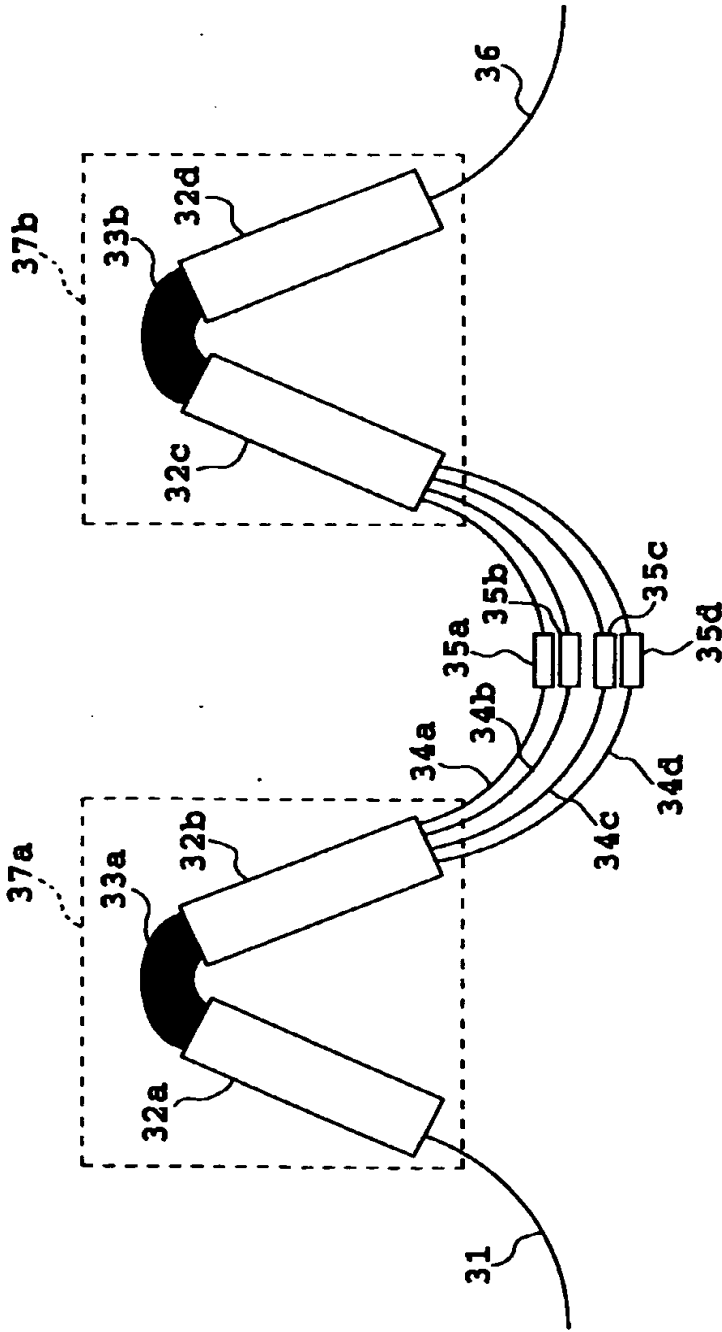
【図 1 0】

トランスバーサル型光素子



【図 1 1】

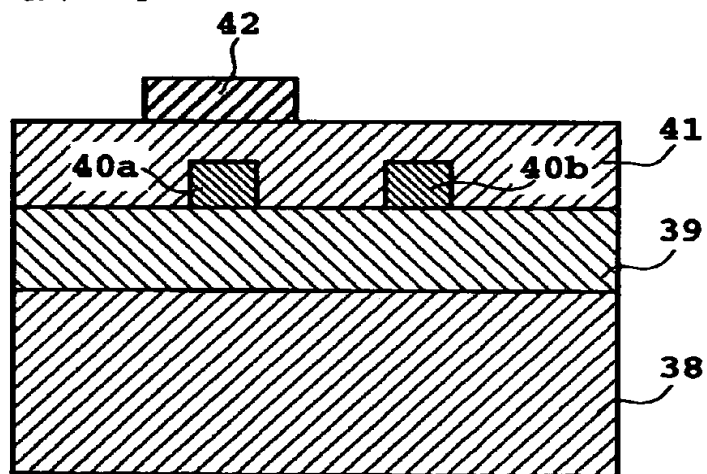
分散スロープ補償器（第4実施形態）



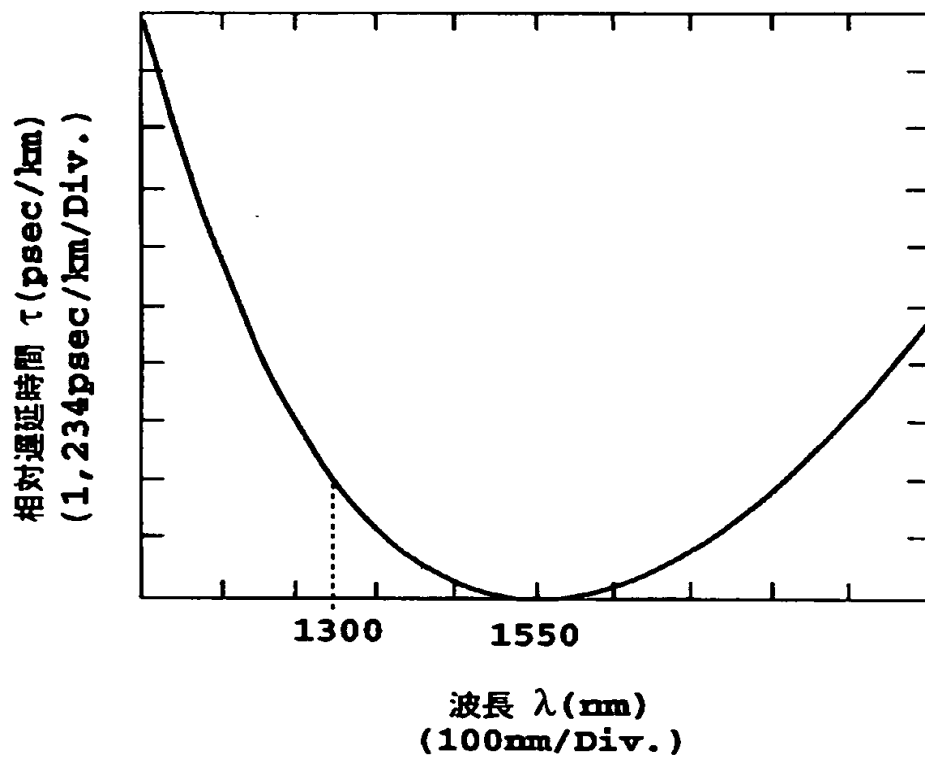
32a: スラブ導波路
32b: スラブ導波路
32c: スラブ導波路
32d: スラブ導波路

35a: ラテイス型光素子 (トランスバーサル型光素子)
35b: ラテイス型光素子 (トランスバーサル型光素子)
35c: ラテイス型光素子 (トランスバーサル型光素子)
35d: ラテイス型光素子 (トランスバーサル型光素子)

【図 1 2】

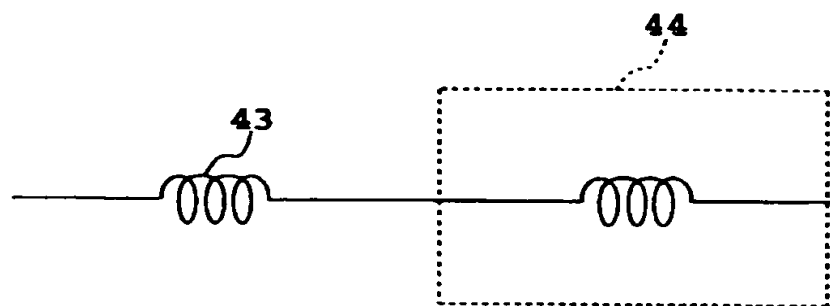


【図 1 3】



【図 1 4】

従来の分散スロープ補償器



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ファイバの分散による歪を受けたWDM信号を小型の構成で波形整形可能とし、異なる分散値を有する様々なファイバ伝送路の分散補償も一素子で実現でき、分散シフトファイバの1.55 μ m帯での分散スロープをも補償可能な分散スロープ補償器を提供する。

【解決手段】 入力導波路1から入射した分散による歪みを受けたWDM信号光 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ は波長分離素子2でそれぞれの波長成分に分離され、それぞれの波長成分に対応した分散補償値を生成可能なラティス型光素子4a~4dを通過する。通過した各信号光は波長多重素子5で合波され、合波光は出力導波路6から出力される。波長分離素子2、波長多重素子5としてはアレイ導波路格子を使用可能な他、多段マッハツェンダ型干渉計、バルク型光フィルタ、ファイバ型（または導波路型）グレーティングを多段接続した光フィルタ等の使用も可能である。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 2 2 6]

1. 変更年月日	1 9 9 9 年 7 月 1 5 日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号
氏 名	日本電信電話株式会社

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.